

論文

第4次産業革命と未来の教育システムの変革

成 耆政

A Study on the Fourth Industrial Revolution and Transformation of Future Education System

SUNG Kijung

要 旨

本稿では、第4次産業革命と未来の教育システムの変革について考察を行うことが主な目的である。そのために、まず第1に、第4次産業革命の概念的フレームワークを構築、すなわち、産業革命の意義とその発展段階、第4次産業革命の概念、特徴と環境変化、そして、主な技術などについて明らかにした。第2に、第4次産業革命の動向と課題を明らかにした。すなわち、ドイツ、アメリカ、中国、日本における第4次産業革命の動向と課題の考察を行った。第3に、第4次産業革命が教育部門に及ぼす教育システムの変革、とくに、エドテック（MOOC、フリップトラニング）の動向とその可能性などについて明らかにした。

キーワード

第4次産業革命 教育システム エドテック (edutech) MOOC フリップトラニング

目 次

- I. はじめに
- II. 第4次産業革命に関する概念的フレームワーク
- III. 第4次産業革命に関する主要国の動向と課題
- IV. 第4次産業革命における未来の教育システムの変革—エドテックの現状と可能性—
- V. むすびにかえて

注

文献

I. はじめに

「革命(revolution)」という言葉は突然(abrupt)で、急激な変化(radical change)などを意味する¹⁾。現在、さまざまな分野におけるこの革命のような変化のスピードは実に驚くほどである。また、今までのパターンとはまったく異なる様相をみせ、予測することが難しい方向へ流れている。

2016年1月21日から24日まで、スイスのダボス(Davos)で開催された「第46回世界経済フォーラム(WEF; World Economic Forum)」^{注1}年次総会(ダボス会議)のメインテーマは「第4次産業革命の理解(Mastering the Fourth Industrial Revolution)」であった。このフォーラムでメインテーマとして議論された後、「第4次産業革命(the Fourth Industrial Revolution)」という用語と概念は世界的に注目を浴び、急速に広がるようになった。

第4次産業革命による融合科学技術の高度化は人間に対する再認識と社会経済システムの再構造化(再構築化)を求めている。もはや第4次産業革命というのは、我々が選択できるものではない。したがって、良いとか、悪いとかについて議論していても意味がないことである。第4次産業革命は現実であり、確実にこれから目の前で起きることである²⁾。結局、第4次産業革命による社会経済的パラダイムの変化は人間と機械、現実と仮想、人間と人間の関係の中で、相互融合的に共存する社会への変化を意味し、その中で生きる人間生存の根源的問題でもある。

急速に変化している第4次産業革命の時代のため、我々は何をすべきであろうか。まず、教育は第4次産業革命において、きわめて重要なテーマである。すなわち、急激な技術変化などの第4次産業革命による影響の中で、次世代の人材をどのように育てるべきかという問いはきわめて大切である。そして、第4次産業革命の時代に人工知能とロボット、生命科学などの急速な発展がもたらす社会経済的パラダイムの変化に、学校教育はどのように対応す

べきかの問題でもある。したがって、第4次産業革命時代を主導する人材の育成は不可欠である。

伝統的な農耕社会での教育は、文化遺産として定着した多様な知識と情報を頭脳に貯蔵(記憶)することが教育の一次的目的であった。そして、産業社会では、生産性と効率性という経済的原理に基づいて概括的で、標準的な知識と機能を備えることが教育の重要な役割であった。しかし、第4次産業革命時代においては、知識は学校の教室や教科書だけにあるものではない。知識はクラウドの中で無限大に広がり、いつ、どこでも指を動かすことで欲しい知識や情報を手に入れることが可能になる。もうこれ以上、知識や情報を暗記し、頭の中に入れる必要がなくなった。知識が不足したり、知らないことが問題ではなく、溢れる知識や情報を自分に適合した形で管理・活用することが重要になってきた。そして、与えられた問題に対する答えを探すよりは何が問題で、自ら問題を作り出せる問題提起能力、または問題創出能力が必要な時代になった。

第4次産業革命時代に必要な教育とは、教育の内容や方法の多様性のみならず、教育目標の多様性も求められる。学生は自ら重要な問題を発見したり、探求する価値のある問題を自ら設計できるようにならないといけない。そして自らが設計した問題の解決を目標に、試行錯誤を繰り返しながら探求する力を養わないといけない。学校は学生1人ひとりの問題と目標にしたがって、個々人に適合した教育を提供すべきである。

以上のことをふまえ、本稿では、第4次産業革命と未来の教育システムの変革について考察を行うことが主な目的である。そのために、まず第1に、第4次産業革命の概念的フレームワークを構築した。すなわち、産業革命の意義と発展段階、第4次産業革命の概念、特徴と環境変化、主要技術などについて明らかにした。第2に、第4次産業革命の動向と課題を明らかにした。すなわち、ドイツ、アメリカ、中国、日本における第4次産業革命の動向と課題の

考察を行った。第3に、第4次産業革命が教育部門に及ぼす教育システムの変革、とくに、エドテックの動向と可能性などについて明らかにした。

Ⅱ. 第4次産業革命に関する概念的フレームワーク

1. 産業革命の意義と発展段階

1) 産業革命の意義

一般的に、産業革命 (the Industrial Revolution)^{注2}とは歴史的に技術と動力源の発展をつうじて自動化と連結性を発展してきたプロセスといえる。すなわち、産業革命は1760年からの近代経済社会への急激な歴史的な大転換プロセスである。今日に、産業革命という用語^{注3}は学術用語のみならず、一般的にも広く用いられるように普及され、その意味する内容も多様化している。

Toynbee, A. は『英国産業革命史 (Lectures on the Industrial Revolution of the 18th Century in England) (1884)』で「産業革命」を以前とは基本的に異なる時代への急激な社会経済的転換の過程として認識した。トインビーは、古い秩序は「蒸気機関と紡織機の強打により木っ端微塵に碎けた」また、技術革新は「古い世界を破壊し、新世界を建設した」と記すことで、産業革命の非連続性、ないし断絶性、そして転換の急激性を強調した。そして、産業革命の本質を中世的規制に代わる競争に現れたこととして認識し、その主な内容を、都市人口の大きな増加、農地革命、機械の導入と工場制の成立、交通手段の変革、景気循環の出現、結果としての貧富格差の拡大と労働者の地位悪化などをあげている。

本来的な意味での産業革命³⁾とは、伝統的、ないし前近代的な経済システムが近代資本主義経済システムへ転換する歴史的プロセスとして理解する。ここで、伝統的ないし前近代的経済システムとは農業経済を基盤にし、生産力が低いのみならず、「収

穫逓減の法則 (law of diminishing returns)」が作用し、拡大再生産が持続されず、「マルサスの貧困 (Malthus poverty)」の悪循環が繰り返された経済システムのことである。これに反して、近代資本主義経済システムとは工業の基盤で拡大再生産が持続され、1人当たりの実質所得が持続的に成長する工業化経済のことを指す。

2) 産業革命の発展段階 (表1)⁴⁾

・**第1次産業革命** 第1次産業革命 (the First Industrial Revolution) は、機械の発明により自動化が誕生し、蒸気機関の発明をつうじて交通体系が生まれ、国家内の連結が強化された。この産業革命は1780年から始まったとみられ、コア技術産業は蒸気機関と紡織で、イギリスとドイツによって主導された。

第1次産業革命の特徴と影響としては、第1に、個別的な技術革新は以前から継続してきたものの、産業革命をきっかけに個別的な技術革新が相互関連を結び、互いを強化しはじめた。第2に、第1産業革命は16～17世紀の科学革命以降に発生したことで、科学の方法論を採択した。第3に、経済的側面で第1次産業革命は農業中心の経済から工業中心の経済へ転換される歴史的プロセスとして理解することができる。第4に、伝統的な経済から工業的基盤に基づいて拡大再生産が持続され、人口と1人当たりの実質所得が持続的に増加傾向の資本主義経済への転換である。最後に、「工場制 (factory system)」という新たな生産システムが定立された。

・**第2次産業革命** 1880年代にアメリカとドイツで始まった「第2次産業革命 (the Second Industrial Revolution)」^{注4}は生産技術の側面からみると、自然科学の知識を用いて、生産プロセスを一連の物理的、化学的プロセスに分解し、これを科学的に再構築するという、より根本的で、幅広い変化を内包している。また、これは「規模および範囲の経済 (economies of scale and scope)」という論理とも

連結され、大量生産および大量消費というパラダイムをもたらした。

第2次産業革命を一言でいうと、多数の技術システムの登場と新しい産業の台頭である。すなわち、電気システム、鉄道システム、通信システム、生産システム、鋼鉄、人工染料、白熱灯、電話、無線電信、

そして内燃機関などがその代表的な例である。企業経営手法としては、作業の細分化と工具の特化に基づいた科学的管理を主張したテイラー主義 (Taylorism) と、フォード・モデルT (Ford Model T) の大量生産とコンベヤーベルトを導入した連続的な組み立てラインを構築したフォード主義 (Fordism)

表 1 産業革命の発展段階

概 念	定 義	キーワード／特徴
第1次産業革命 (1784年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気機関の発明でイギリスの繊維工業が発展すると同時に、石炭基盤の鉄道インフラが世界的に拡散 ・ 1784年イギリスのHenry Cortが攪拌法 (pudding process:液体状態の鉄を鉄の棒でかき混ぜて炭素と不純物を除去する工法) を遂行する機械を発明したことが自動化の始まり ・ 石炭と石油のような高エネルギー燃料の使用をつうじて蒸気機関および蒸気機関車の時代が始まり、連結性が革命的に増え、橋、トンネル、港湾などの基盤施設の建設が触発された ・ 第1次産業革命は機械の発明をつうじた初期自動化の導入と橋、港湾などをつうじた国家内の連結性を促進した 	動力／ 機械的生産、水力および蒸気機関
第2次産業革命 (1870年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第2次産業革命をつうじた自動化は大量生産に発展した ・ 品質基準、運送方法、作業方式などの標準化は極小的な機能の自動化を企業・国家レベルの自動化された大量生産に発展させる ・ 自動化された大量生産は、その初期には企業内のサプライチェーンに限られたが、他企業および国家を包括する国家的・国際的大量生産のサプライチェーンへと拡大された ・ 第2次産業革命は、自動化が大量生産を可能にして始まり、労働部門での効率的で、生産的な連結性を促進した 	自動化／ 労働分業、大量生産、 電気エネルギー
第3次産業革命 (1969年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1969年インターネットの前身であるアルファが開発され、デジタルおよび情報通信技術が開幕 ・ デジタル技術の爆発的な発展は2年ごとにトランジスター集積容量が2倍に増加するというムーアの法則 (Moore's law) を立証 ・ デジタル時代の向上された計算能力はより精巧な自動化を可能にし、人と人、人と自然、人と機械間の連結性を増加させる ・ 電子工学、情報通信技術に基づき、テレビ、冷蔵庫、洗濯機など家電製品が普及され、インターネットを基盤にIT革命が起きた 	デジタル／ 電子機器、IT、自動化 生産
第4次産業革命 (2016年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第4次産業革命は自動化と連結性が極大化される変化を意味する ・ 人工知能 (AI) に基づいた極端的な自動化は作業の幅を大きく広げ、低レベルの技術のみならず、中レベルの技術に対しても適用できて個人間、企業間、国家間の格差を進化させると展望 ・ 物理空間とサイバー空間が結合・生成されるビッグデータとネットワークに基づき、周辺事物と資源の分析、活用、自動制御を可能にする (サイバー物理システムの具現) ・ 国際的で、即刻的な連結をつうじて新たなビジネスモデルが創出される (共有経済、オンデマンド経済など) 	融合／ 人工知能、ビッグデータ

出所：ユニイルヨン、「製造業とICTの融合、4次産業革命」『融合Weekly TIP』、融合研究政策センター、p.4 (2017)。

などが確立された。

第2次産業革命の特徴と影響としては、第1に、技術と社会の結合されたシステムが形成され、技術は工場を超えて家庭にも深く入り始めた。第2に、科学の内容が技術革新に活用され始めた。第3に、大企業が経済成長を主導し始めた。第4に、イギリスはもちろん、ほかの先進国も本格的な産業化の局面に加勢した。

・**第3次産業革命** 20世紀後半に入り、第1次産業革命と第2次産業革命とは異なるもう1つの革命の波が展開され始めた。ベル (Daniel Bell) は人類社会の巨大な変化を農業 (農耕) 社会、産業 (工業) 社会、そして、脱産業化社会 (post-industrial society, 脱工業化社会) として区分した。

第3次産業革命 (the Third Industrial Revolution) は電子通信技術と情報通信技術 (Information and Communication Technology;

ICT) をつうじて急激な情報処理の発展が行われ、これに基づいて自動化を精巧に行い、人、環境、機械を包括する連結性を強化した。すなわち、第3次産業革命は情報革命 (information revolution)、デジタル革命 (digital revolution) ともいえ、そして、キーワードとしては、コンピュータ、半導体、自動化、インターネット、情報技術 (Information Technology; IT)、生命工学などをあげることができ。

第3次産業革命の特徴と影響としては、第1に、他分野の技術が結合、または融合される現象が可視化されている。第2に、科学と技術の相互作用が深化された。第3に、大企業のほかに、ベンチャー企業が重要なイノベーションの主体として登場した。第4に、3次産業であるサービス経済の拡張とグローバル経済の進展である。

表 2 第4次産業革命と類似した用語の定義

区 分	定 義
The Fourth Industrial Revolution (WEF)	物理的, デジタル, 生物学的境界を曖昧にする技術融合 速度, 範囲, システム波及効果が第3次産業革命 (デジタル革命) とは確然と区分
Industry 4.0 (ACATECH)	物理, 化学および機械工学的システム (physical systems) をコンピュータとネットワーク (cyber systems) に連結 工場が自律的で知能的に制御可能
The Internet of Things (IBM)	インターネットを基盤にすべてのモノを連結し, ヒトとモノ, モノとモノ間の情報を相互疎通する知能型技術およびサービス 2020年まで約300億の機器が連結される展望
The Internet of Services (SAP)	ビッグデータおよびクラウドコンピューティングをつうじた内・外部サービスの提供, バリューチェーンの参与
The Industrial Internet (GE)	産業およびインターネット革命が同時に起きた 製造分野を超えて多様なウェブ活用をつうじてさまざまな形態で経済活動に寄与する点でインダストリー4.0と区別
Advanced Manufacturing (AMP)	製品およびプロセスを向上させるための技術革新
Cyber-Physical System (NSF)	センサー, プロセッサ, 通信技術のようにソフトウェアが内蔵されたハードウェアを指す 情報を自動交換し, アクションの遂行および相互間独立的制御が可能
Smart Factory (DFKI)	生産プロセスのICT統合をつうじてインダストリー4.0のもと, 技術革新を指す 未来の工場 (factory of future) と呼ぶ

出所: KT経済経営研究所, 『韓国型4次産業革命の未来』ハンスメディア, pp.80-81 (2017)。

2. 第4次産業革命の概念

第4次産業革命の概念（表2）^{注5}を理解するためには第4次産業革命のスタートともいえるドイツのインダストリー4.0（Industrie 4.0）の概念⁵⁾を整理する必要がある。インダストリー4.0は製造業とICTの融合をつうじた製造業の革新に焦点を当てている。昨今のドイツでは低出生率、人口の高齢化による

生産人口の減少^{注6}、高賃金体系、低いエネルギー自給率などによりグローバル製造業市場で自国の競争力の低下が大きな 이슈として浮き彫りになっている。

インダストリー4.0とは、モノのインターネット（Internet of Things; IoT）に基盤をおきながら機器および製品間のリアルタイムに情報交換を実現し、製造業の完全な自動生産体系を構築し、生

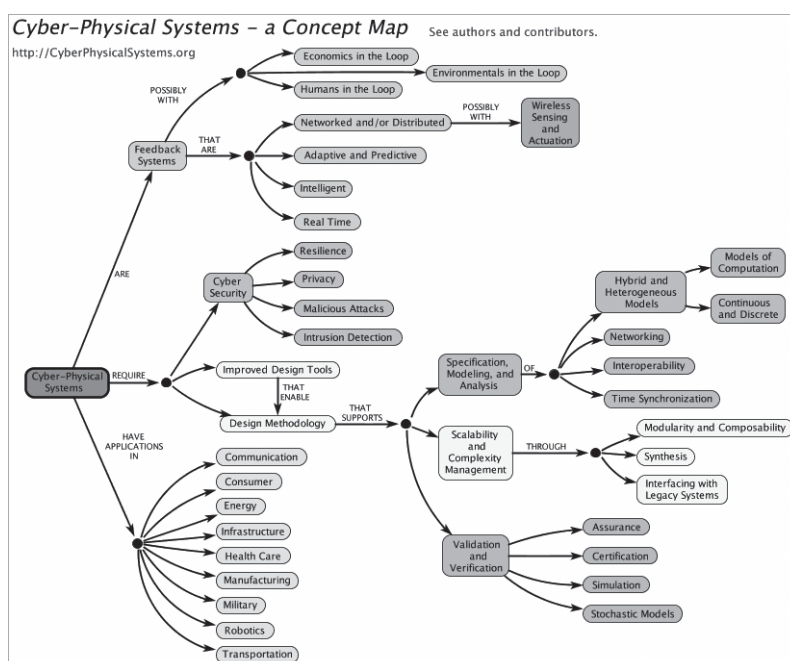


図1. 仮想物理システム（CPS）の概念図

出所：http://CyberPhysicalSystems.org

表3 汎用技術（GPT）の一覧

No.	GPT	時期	分類	No.	GPT	時期	分類
1	植物の栽培	紀元前9000-8000年	プロセス	13	鉄道	19世紀半ば	プロダクト
2	動物の家畜化	紀元前8500-7500年	プロセス	14	鋼製汽船	19世紀半ば	プロダクト
3	鉱石の精錬	紀元前8000-7000年	プロセス	15	内燃機関	19世紀終わり	プロダクト
4	車輪	紀元前4000-3000年	プロダクト	16	電気	19世紀末頃	プロダクト
5	筆記	紀元前3400-3200年	プロセス	17	自動車	20世紀	プロダクト
6	青銅	紀元前2800年	プロダクト	18	飛行機	20世紀	プロダクト
7	鉄	紀元前1200年	プロダクト	19	大量生産	20世紀	組織
8	水車	中世初期	プロダクト	20	コンピュータ	20世紀	プロダクト
9	3本マストの帆船	15世紀	プロダクト	21	リーン生産方式	20世紀	組織
10	印刷	16世紀	プロセス	22	インターネット	20世紀	プロダクト
11	蒸気機関	18世紀末19世紀初頭	プロダクト	23	バイオテクノロジー	20世紀	プロセス
12	工場	18世紀末19世紀初頭	組織	24	ナノテクノロジー	21世紀	プロセス

出所：「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」三菱総合研究所,p.4(2015)。

産・管理・プロセスなどを最適化するものである。

OECDは、次世代産業革命（第4次産業革命）を高度化したロボット、3Dプリンティング、産業用インターネット、ビッグデータ分析などのような新技術の発展による生産方式の変化と定義づけた。

2016年のダボスフォーラムでの第4次産業革命の定義としては、人間と機械の潜在力を画期的に向上させるサイバー物理システム（Cyber-Physical Systems）（図1）であると定義づけている。サイバー物理システムとはロボット、医療機器、産業装備など、現実の中の製品を意味する物理的な世界と、インターネットの仮想空間を意味するサイバー世界が1つのネットワークでつながり、この中に集積されたデータを分析・活用し、モノの自動制御が可能になるようにするシステムのことである。

機械が知能の必要な作業を遂行し、企業、政府および需要者間のコミュニケーションを新しい方式で向上させるなど、技術が、社会に定着する方式が新しくなった時代である。このような定義づけからみると、第4次産業革命の基盤は知能情報技術（intelligent information technology）といえよう。この知能情報技術は汎用性、技術の拡張性および価格下落、コスト節減などのGTP（汎用技術、General Purpose Technology）^{注7}の特徴を備えている（表3）。

そして、IoT、クラウド、モバイルなどをつうじて蓄積されるビッグデータに人工知能が結合されると暗黙的知識（implicit knowledge）の領域までもアルゴリズムの段階的命​​令により転換が可能になる。したがって、医療、教育などの多様な人間の行動から機械と人間のコラボレーションが可能で、既存の経済、社会システムにも大きな変革をもたらすようになる。

3. 第4次産業革命の特徴と波及効果

1) 第4次産業革命の特徴

知能情報技術に基盤した第4次産業革命は超連

結性（Hyper-Connection）、超知能化（Hyper-Intelligence）、超革新（Hyper-Innovation）の特性に基づき、産業構造を著しく変化させる。第4次産業革命の特徴⁶⁾として、まず第1に、超連結性があげられる。これはヒトとモノ、モノとモノ、そしてこれらすべてがインターネットをつうじて相互につながる、すなわち、IoTの意味をもつ。他分野への急速な拡散と持続的な改善が、見られた知能情報技術の発展は多様な技術および産業と融合し、産業間の境界が曖昧になった。このような融合をつうじて価値創出のための新しい分野がつくられ、技術の発展と産業間の融合が拡大されると、実現不可能であった新しく効率的な形態の産業生態系、生産、消費、新産業の創出が可能になる。

第2に、超知能化があげられる。これはビッグデータと人工知能のような超連結性を基盤に流入された多分野・大量のデータを分析・処理する過程で、有意味な結果をつうじて機械学習（machine learning）に必要なデータ・知識が産業の新しい競争源泉になることを意味する。機械が独立した主体として収集したデータをリアルタイムで伝達し、効率的に貯蔵し、その意味を分析する。また、生産方式やモノ自体が知能化され、動態的な消費者の選好と要求を生産と連結することで、競争優位を確保することが容易になる。

第3に、超革新性である。たとえば、未来型自動車技術などがこれに属する。すなわち、前例のないスピードと規模で革新が行われることを超革新といい、これは超連結性と超知能化を基盤に行われる革新のことで、新しい資本財源を効果的に創出するようにする。

2) 第4次産業革命による波及効果

第4次産業革命がもたらす波及効果としては、まず第1に、以前の第1次、2次、3次産業革命の経験に照らしてみると、単に産業構造と技術の変化ではなく、人口社会的、経済的、政治的など人類の社会システムと生活様式に大きな変化をもたらす。す

なわち、技術革新による変化は単に新しい機械を作り出すのみならず、人類の生活様式と行動パターン、そして価値観にも影響を及ぼすようになり、第4次産業革命で人間中心の変化を強調することは以前の経験から機械中心の変化の暗い裏面を事前に防止する方向へ進むことを確認することでもある。

第2に、ICTと相互に異なる産業間の融合で既存の生活方式や製品、サービス自体が自動化を越えて知能化され、動態的な消費者の選好とニーズを生産と有機的に連結することで、競争優位の確保およびサービス中心のビジネスモデルの転換が加速化される。

第3に、産業の高度化・専門化により専門技術職に対する需要が増加する反面、単純労働職の場合、システムを基盤とする機械とロボットなどに代替される一般労働市場の危機と雇用の性格変化がもたらされる。

第4に、既存の産業間の境界がなくなり、新しい

価値が創出されることで、垂直的分業形態から水平的ネットワーク型のコラボレーション中心に転換され、プラットフォームおよび生態系形態の産業競争方式にも変化をもたらす。

3) 2025年に発生する劇的な変化 (Tipping Point Expected to Occur by 2025)

WEF (World Economic Forum) の調査による「2025年に発生する社会の劇的な変化」⁷⁾についてまとめてみる(表4)と、世界人口の10%はインターネットのつながった衣服を着用、人口の90%が無容量の無料貯蔵空間を保有、1兆個のセンサーがインターネットに連結、アメリカで初めてのロボット薬剤師の登場、人口の10%がインターネットにつながった眼鏡を着用、人口の80%がインターネットにつながったデジタル・プレゼンスを保有、3Dプリンタで製作された自動車が初めて登場、人口調査のためにビッグデータを活用する政府が初めて登場、商業化された初めての人体挿入型モバイルフォンの

表4 2025年に発生する劇的な変化

	%
10% of people wearing clothes connected to the internet	91.2
90% of people having unlimited and free (advertising-supported) storage	91.0
1 trillion sensors connected to the internet	89.2
The first robotic pharmacist in the US	86.5
10% of reading glasses connected to the internet	85.5
80% of people with a digital presence on the internet	84.4
The first 3D-printed car in production	84.1
The first government to replace its census with big-data sources	82.9
The first implantable mobile phone available commercially	81.7
5% of consumer products printed in 3D	81.1
90% of the population using smartphones	80.7
90% of the population with regular access to the internet	78.8
Driverless cars equalling 10% of all cars on US roads	78.2
The first transplant of a 3D-printed liver	76.4
30% of corporate audits performed by AI	75.4
Tax collected for the first time by a government via a blockchain	73.1
Over 50% of internet traffic to homes for appliances and devices	69.9
Globally more trips/journeys via car sharing than in private cars	67.2
The first city with more than 50,000 people and no traffic lights	63.7
10% of global gross domestic product stored on blockchain technology	57.9
The first AI machine on a corporate board of directors	45.2

出所：Deep Shift Technology Tipping Point and Societak Impact, WEF, p.7 (2015)。

登場、消費者製品の中の5%は3Dプリンタで製作、人口の90%がスマートフォンを使用、人口の90%がどこでもインターネット接続が可能、アメリカの道路を走る自動車の10%は自律走行自動車、3Dプリンタで製作された肝臓を初めて移植、人工知能が企業監査の30%を遂行、ブロックチェーン（Blockchain）をつうじた税金徴収政府が初めて登場、家庭用機器に50%以上のインターネットトラフィックの発生、全世界的に自家用車よりはカーシェアリングによる旅行の増加、交通信号機のない5万人以上の居住する都市が初めて登場、全世界のGDPの10%がブロックチェーン技術に貯蔵、そして、企業の取締役会に人工知能機械（ロボット）が初めて登場などをあげることができる。

4. 第4次産業革命の主な技術

Klaus Schwabは『The Fourth Industrial Revolution』で10大先導技術を取り上げ、物理学技術として無人運送手段、3Dプリンティング、先端ロボット工学、新素材などの4つの技術を選定した。

デジタル技術としては、IoT、ブロックチェーン、共有経済などをあげている。生物学技術としては、遺伝工学、合成生物学、バイオプリンティングなどをあげている。そして、23の大変革技術も取り上げている（表5）。

第4次産業革命をリードする要素技術（表6）としては、人工知能をはじめ、ビッグデータ、モノのインターネット、ロボット、クラウド、ナノ技術など多様な技術が存在する。ここではAI、IoT、ビッグデータ、そして、ロボットについて簡略に述べる。

1) 人工知能

人工知能（AI: Artificial Intelligence）^{注8}は健康、教育、環境、エネルギー、自動車、医療、福祉、政府、産業など多様な分野で新しい市場と機会をもたらすと同時に、これまで解けなかった難題を解ける潜在力を持っている。

人工知能は人間の知能的思考や行動を描写する自動化するコンピュータ科学の1つの分野である。すなわち、人工知能とは人間のように考え、行動し、問題を解決する知能エージェントをつくる科学、ま

表5 第4次産業革命における10大先導技術と23の大変革技術

区 分	10 大 先 導 技 術	
物理学技術	①無人運送手段 ②3Dプリンティング ③先端ロボット工学 ④新素材	①ナノセンサーとナノモノのインターネット ②次世代バッテリー ③ブロックチェーン ④2D素材
デジタル技術	⑤モノのインターネット／遠隔モニタリング技術 ⑥ブロックチェーン／ビットコイン ⑦共有経済／オンデマンド経済	⑤無人車 ⑥チップ上の臓器 ⑦ペロブスカイト太陽電池
生物学技術	⑧遺伝工学 ⑨合成生物学 ⑩バイオプリンティング	⑧オープン人工知能生態系 ⑨光遺伝学 ⑩システム代謝工学
23 の 大 変 革 技 術		
①体内挿入型機器 ②デジタルアイデンティティ ③新しいインターフェースとしての視覚 ④ウェアラブルインターネット ⑤ユビキタスコンピューティング ⑥ポケットの中のスーパーコンピュータ ⑦誰でも使用できる貯蔵所 ⑧モノのインターネット	⑨コネクティッドホーム ⑩スマートシティ ⑪ビッグデータを活用した意思決定 ⑫自律走行自動車 ⑬人工知能と意思決定 ⑭人工知能とホワイトカラー ⑮ロボット工学とサービス ⑯ビットコインとブロックチェーン	⑰共有経済 ⑱政府とブロックチェーン ⑲3Dプリンティング技術と製造業 ⑳3Dプリンティング技術と健康 ㉑3Dプリンティング技術と消費者製品 ㉒合わせ型 ㉓神経技術

出所：Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, pp.14-27 (2016)。

たは工学である。この際、エージェントとは環境の変化を自ら認知し、対応する行動が可能で、外部環境とセンサーをつうじて経験したデータを蓄積し、これに基づいて学習する機能を持つものである。また、人工知能をシンプルに定義づけしてみる⁸⁾と、

機械により人間の知的活動を再現したものであるといえる。しかし、人工知能は未だに、専門家の間で同意できるような共通の定義づけはない状況である(表7)。

上記を踏まえて、AIのイメージ⁹⁾は次の4つに分

表6 第4次産業革命の主要技術

技 術	内 容
IoT (Internet of Things)	<ul style="list-style-type: none"> モノのインターネットといい、モノにセンサーが付着され、インターネットなどのネットワークをつうじてリアルタイムでデータをやりとりする技術や環境を意味する 人の介入なしで情報を直接やりとりしながら必要な状況では情報を自ら解釈して作動する自動化されたシステム
CPS (Cyber-Physical System)	<ul style="list-style-type: none"> ロボット、医療機器など実際の物理的システムとオンライン上のソフトウェアが結合し、周辺環境をリアルタイムで統合するシステム 既存の内蔵システムの発展的形態として製造システム、管理システム、運送システムなどの複雑なインフラに広く適用可能
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> 規模が膨大で、生成周期が短い大規模データとしてデジタル環境で多様な形態で生成 データ量の変化に基づいて人の行動パターンなどの情報を分析、または予測可能で、産業現場で活用する場合、システムの最適化および効率化が可能
AI (Artificial Intelligence)	<ul style="list-style-type: none"> コンピューティング技術で思考、学習、自己啓発など人間固有の知能的な行動を具現するようにしたコンピュータ工学および情報技術の一分野 単独での活用のみならず、多様な分野と結合して人間ができる業務を代替したり、高い効率性をもたらすものとして期待

出所：情報通信技術振興センター（2016）。

表7 専門家（日本）による人工知能の定義

氏 名	定 義
中島 秀之	人工的につくられた、知能を持つ実体、あるいはそれをつくろうとすることによって知能自体を研究する分野である
西田 豊明	「知能を持つメカ」ないしは「心を持つメカ」である
溝口理一郎	人工的につくった知的な振る舞いをするもの（システム）である
長尾 真	人間の頭脳活動を極限までシミュレートするシステムである
堀 浩一	人工的につくる新しい知能の世界である
浅田 稔	知能の定義が明確でないので、人工知能を明確に定義できない
松原 仁	究極には人間と区別がつかない人工的な知能のこと
武田 英明	人工的につくられた、知能を持つ実体、あるいはそれをつくろうとすることによって知能自体を研究する分野である（中島と同じ）
池上 高志	自然にわれわれがペットや人に接触するような、情動と冗談に満ちた相互作用を、物理法則に関係なく、あるいは逆らって、人工的に作り出せるシステムを、人工知能と定義する。分析的にわかりたいのではなく、会話したり付き合うことで談話的にわかりたいと思うようなシステム。それが人工知能である
山口 高平	人の知的な振る舞いを模倣・支援・超越するための構成的システム
栗原 聡	工学的につくられる知能であるが、その知能のレベルは人を超えているものを想像している
山川 宏	計算機知能のうち、人間が直接・間接に設計する場合を人工知能と呼んでよいのではないかと思う
松尾 豊	人工的につくられた人間のような知能、ないしはそれをつくる技術

出所：松尾 豊, p.45 (2015)。

けることができる。第1に、人間をはるかに超越した知能を持つ万能AI、第2に、最新の研究で考案された技術を活用している最先端AI、第3に、ビジネスで活用され始めた新技術を使う最新型AI、そして第4に、昔から存在するアルゴリズムを利用している従来型AIなどである。

そして、人工知能は次のように4段階レベルに分けることができる¹⁰⁾。

・**レベル1** 単純な制御プログラムを「人工知能」と称している。このレベル1は、マーケティング的に人工知能、AIと名乗っているもので、ごく単純な制御プログラムを搭載しているだけの家電製品に「人工知能搭載」とうたっているケースのものである。これは第4次産業革命の主な技術の1つとして取り上げる人工知能として値しない側面もある。

・**レベル2** 古典的な人工知能である。これには将棋のプログラムや掃除ロボット、あるいは質問に答える人工知能などが当てはまる。これは、入力と出力を関係づける方法が洗練されており、入力と出力の組み合わせの数が極端に多いものである。

・**レベル3** 機械学習 (machine learning)^{注9)}を取り入れた人工知能である。これは検索エンジンに内蔵されたり、ビッグデータをもとに自動的に判断したりするような人工知能のことである。

・**レベル4** ディープラーニング (deep learning)^{注10)}を取り入れた人工知能である。これには機械学習をする際のデータを表すために使われる変数自体を学習するものがある。

すでに人工知能は知識の創出から人間補助機能を広範囲に遂行し、とくに、長期的に科学知識の創出でその影響が大きく現れる展望である。たとえば、ショッピング・スケジュール管理などを助けるAI秘書、翻訳、金融投資戦略の提示、メディアコンテンツ推薦など人間補助サービスがすでに登場している。また、AIを用いてデータ、ドキュメント、音声および動画コンテンツを自動再生・拡散させることが可能である。

人工知能の初期発展段階では周辺環境の認知、データでの識別、分類など一時的な機能を特定産業・ビジネスで特定問題の解決に限定されていた。次の段階では企業レベルでカスタマイズされたAIの広範囲な利用、関連コミュニティの拡大で、サービス産業の場合、個人に適合されたサービスが本格的に提供され、製造業も個別企業レベルではなく、全体サプライチェーンを網羅したクラスター (Cluster) にAIが適用され、活動領域が人間代替・補完のレベルを超えて人間の不可能なことに挑戦し始めている¹¹⁾。

2) モノのインターネット

モノのインターネット (IoT) とは、P&G のKevin Ashton がRF-IDの普及を指して初めて用いられた (1999年) といわれている。IT専門の調査企業であるIDC (International Data Corporation) は、IoTを「IP接続による通信を、人の介在なしにローカルまたはグローバルに行うことができる識別可能なエッジデバイス (モノ) からなるネットワーク」¹²⁾と定義している。モノのインターネットは多様なモノがおのずと付着された通信機器とセンサーをつうじてネットワークにつながり、情報を共有する技術である。すなわち、IoTは、あらゆるモノがセンサーを介してインターネットにつながり、モノとモノ、モノとヒト、ヒトとヒトが互いに情報をやりとりし、常に全体的な効率化、最適化を図るコンセプト¹³⁾である。IoTという概念は、IoTそのものが産業革命ではなく、第4次産業革命の手段として生まれてきた概念であるといえる。

IoTは社会にどんな革命をもたらすのか。そのポイント¹⁴⁾は大きく3つあげることができる。まず第1に、人を介在させないことである。第2に、あらゆるモノからネットワークに入れるということである。第3に、フルカスタムの社会になるということである。これは、IoTは自律型かつ分散型という点にある。個別にオーダーメイドでシステムが構築されるわけで、これがフルカスタムの意味である。

IoTは既存のM2M (Machine to Machine) 概念と混用されるが、その連結 (結合) 対象の範囲とビジネスモデルの拡張性の側面からM2Mの上位概念である。IoTの実現に必要な技術のキーワードとしては、センサー技術、ICT技術、アプリケーションソフト、ビッグデータ、ロボット技術、各種規制緩和、そしてセキュリティなどである。

IoTは何で構成されているのかというと、IoTは次のような8つの技術階層の組み合わせ¹⁵⁾ である。すなわち、ビッグデータの発信源であるモノ (Things)、ビッグデータから集められる通信網であるコネクティビティ (Connectivity)、ビッグデータが格納される場所であるクラウド (Cloud)、ビッグデータの処理基盤であるIoTプラットフォーム (Platform)、人工知能を代表するアナリティクス・ソフトウェア (Analytics)、産業分野毎に開発されるアプリケーション・ソフトウェア (Application)、そして顧客に提供されるサービスである導入サービス (Introduction) と運用サービス (Operation) などである。

3) ビッグデータ

ビッグデータ (Big Data)¹⁶⁾ について、明確に合意された定義はないものの、簡単にいえば、巨大なデジタルデータの総称である。しかし、ビッグデータは単に巨大なデータのみを指すものではない。McKinsey (2011) によると、「ビッグデータとは、通常のデータベース管理ツールが貯蔵・管理および分析可能な範囲を超える規模のデータ」と定義づけている。すなわち、ビッグデータを既存のシステム、サービス、企業などで与えられたコストや時間で処理・分析できるデータの範囲を超える規模の大きいデータのことである。

IDCは、次のいずれかの条件を満たすデータをビッグデータとしている。まず第1に、100TB以上のデータを有していること、第2に、音声や映像、金融取引情報、センサーなどのハイスピードストリーミングデータ (high speed streaming data) を利用し

ていること、第3に、年率60%以上の成長率で生成されるデータであること、などである。そして、データを解析する際、スケーラブルなインフラを使用することも条件としている。そして、データベースではなく、企業や組織の業務遂行に焦点を当てて、多様な種類の大規模データから安いコストで価値を抽出し、データの超高速収集・発掘・分析をサポートできるように考案された次世代技術およびアーキテクチャーと定義づけた。

企業が追求する目的をなし遂げるために蓄積された膨大なデータ (ビッグデータ) を活用するが、その際に1つの分析技法ではなく、多様な分析技法を使うべきである。ここでビッグデータの分析技法¹⁷⁾ を簡略に探ってみると次のとおりである。

・**統計的分析 (Statistical Analysis)** 伝統的な分析方法として、主に数値型データに対する確立を基盤にある形状の推定、予測を検定する技法である。

・**データマイニング (Data Mining)** 大容量のデータから体系的で、自動的に統計的規則やパターンを探し、隠れているデータ間の相互関連性および有用な情報を抽出する技術である。

・**テキストマイニング (Text Mining)** テキスト基盤のデータから新しい情報を発見できるように情報検索、抽出、体系化、分析をすべて含むテキストプロセッシング技術および処理過程である。

・**社会ネットワーク網分析 (Social Network Analysis)** 個人と集団間の関係をモデリングし、変化構造と拡散および過程を計量的に分析する方法である。

・**プロセッシングマイニング (Processing Mining)** システムに記録されたイベントログを分析し、プロセスに対する洞察、区間発見、プロセス浪費要素除去、プロセス変更の交換検証、業務遂行違反検証、監査、工程標準化などの目的として活用できる。

・**CEP (Complex Event Processing)** システムで発生したイベントログをシナリオ基盤としてリアルタイムに分析し、これに対応する機能を遂行す

る。CEPはリアルタイム分析のために必要なデータを一定周期でメモリに記憶する。これはショッピング、株式市場、交通情報、気象情報、製造、金融など多様な分野のリアルタイム分析に活用されている。

4) ロボット

ビジネス分野での産業用ロボットの歴史¹¹⁾は、1954年にアメリカのG.C.Devolが教示再生型 (Programmed Article Transfer) のロボットの装置を考案し、特許を出願したのが始まりとされている。そして、この特許を実際に形にしたものとして、1961年にアメリカのユニメーション(Unimation)社による世界初のプログラム制御型の産業用ロボット「ユニメイト」(Unimate)が導入された。この「ユニメイト」は、あらかじめプログラミングにより設定された、決められた動きを繰り返すのが特徴で、4,000パウンドのアームで自動車の組み立てラインで部品を運ぶ仕事をした。

ロボットは簡単にいえば、人間を模倣し、外部環境を認識 (sense) し、状況を判断 (think) し、自律的に動作 (act) する機械のことである。このロボットは製造用ロボットとサービス用ロボットに分類され、サービス用ロボットは専門サービス用ロボットと個人サービスロボットに分類することもできる。

Ⅲ. 第4次産業革命に関する 主要国の動向と課題

海外の主要国と企業は第4次産業革命の動向について注視し、すでに中・長期戦略を国レベルで樹立し、大規模な研究投資などの政策的支援を行っている。すなわち、第4次産業革命は全世界的な流れとして、ほとんどの国で同じような条件で登場しているが、国によってはおかれている経済状況と産業構造の性格が異なることで、対応方式も自国にあわせて構築している。ここではドイツ、アメリカ、中国、そして日本などの主要国の第4次産業革命に関する動向と課題について簡略にまとめる。

1. ドイツ

なぜ、ドイツは国をあげてインダストリー4.0に取り組んでいるのか。その理由¹⁸⁾は、第1に、経済発展をしなければならない宿命にあること、すなわち、ドイツは2000年代前半に深刻な経済の低迷により、「欧州の病人 (Sick man of Europe)」と呼ばれていたが、その時代には戻れないことと、景気が減速すると移民問題が噴出してくること、そしてユーロ経済圏を守るべき立場にあることをあげることができる。第2に、人口減少・少子高齢化により、潜在成長率に占める労働投入寄与度 (labor input contribution) がマイナスになるため、技術革新で経済成長しなければならない。第3に、人口減少・少子高齢化により、熟練技能を持ったマイスターが減少するため、彼らの有する技能を早く機械に伝承しなければならないこと。第4に、再生可能エネルギーの拡大により、電力価格が上昇していること。第5に、コストが安い旧東欧諸国に製造業の移転圧力があること。第6に、アジア新興国の台頭がドイツの地位を脅かしつつあること。第7に、アメリカの製造業が国内回帰を始めており、製造業の本格的な競争力強化に取り組もうとしていることなどがあげられる。

ドイツはインダストリー4.0の提示を介して知能製造生態系の先占を強調している。たとえば、自動車、家電、工場設備、そして住宅などの多様なモノをインターネットと連結し、センサーをつうじて得たビッグデータを分析し、最適に制御するシステムを構築している。また、生産設備とロボットなどを利用した製造の現場でのデータネットワーク化をつうじて、新しいプラットフォームの形成を指向している。ドイツのインダストリー4.0は外部開放が前提であるオープンプラットフォームという特徴を持っている。これにより部品や生産装置などのすべてのモノをネットワーク化し、データを収集し、生産効率を大幅に高めることができた。

2. アメリカ

2008年のグローバル金融危機以降、アメリカ経済はサービス産業の雇用創出の限界を経験し、所得の両極化、失業などの低成長経済問題に直面するようになった。このような状況を打開し、製造業の再興のきっかけを第4次産業革命から求めている。先端製造パートナーシップなどのアクションプランなどにより改善されている製造業の環境を積極的に活用し、中国、東南アジアなどに出ている企業をUターンさせる戦略を構築・推進している。

アメリカにおける第4次産業革命はクラウドとコンピューティングの力を積極的に活用し、クラウド生態系を先占し、グローバルプラットフォームを追求することに焦点を当てている。そして、インターネットと電子商取引 (electronic commerce: EC) だけでは市場の拡大に限界があるので、IoTとAIなどを結合し、ビッグデータを収集することをつうじてビジネスと結合し、価値を創出しようとしている。

3. 中国

中国は巨大資本と市場の戦略化で、2015年に「インターネットプラス戦略」と政府レベルの「中国製造2025戦略」などを結合し、積極的に対応・推進している。中国は製造大国から製造強国への変化を試み、下請け工場のイメージから脱して製造強国であるドイツや日本に追いつくという目標を掲げている。このために、インターネットプラス戦略と強力な内需市場の連携を図っている。

中国は政府の独自の役割のみならず、民間と協力・推進し、市場役割の拡大のための細部方策を別途に提示し、2025年を目標にドイツと日本と同じレベルの製造業の競争力の達成のために「5大重点プロジェクト」と「10大育成産業」を提示している。5大重点プロジェクトは製造革新センターの建設、スマート製造、工業基盤の強化、グリーン製造、そして先端設備などで、製造業全体の革新能

力の強化などで構成されている。10大育成産業^{注12}は未来の主導産業になる可能性の高い有望産業を選定し、政策支援を拡大している。

また、中国は段階別対応戦略を構築し、現在、技術革新に立脚した製造強国への転換を目標に海外からの技術の移転を積極的に実施している。すなわち、戦略産業の急速な成長のために新技術企業へのM&A (Mergers and Acquisitions) および人材確保を積極的に推進している。とくに、10大育成産業の中で、宇宙航空装備産業を支援し、月探査プロジェクトなど先端宇宙産業の強国へ長期計画を推進している。

4. 日本

日本は、1990代初めにバブルがはじけた以降、長期不況を克服するための「日本再興戦略 (Japan Revival Strategy)」、「科学技術イノベーション総合戦略 (Society 5.0)」、「ロボット新戦略 (Robot New Strategy)」などを構築し、第4次産業革命に対応し、経済再興を狙っている。

日本再興戦略とは、経済再建を目的として樹立した経済開発戦略として、2015年6月、「日本再興戦略 (改訂) : 未来への投資と生産性革命」ではじめて第4次産業革命を言及した。そして、2016年6月、「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」では新たな有望市場創出部門の戦略分野で、第4次産業革命 (IoT、ビッグデータ、AI、ロボット) を明示し、関連重点施策まで発表している。その鍵となる施策¹⁹⁾として、①総合的な司令塔である「第4次産業革命官民会議」の開催、②「人工知能技術戦略会議」における研究開発・産業化戦略の具体化、③規制・制度改革 (「目標逆算ロードマップ方式」、「規制改革、行政手続の簡素化、IT 化の一体的推進」)、企業や組織の垣根を超えたデータ利活用プロジェクト等の推進とセキュリティの確保、④第4次産業革命を見据えた新陳代謝の促進・事業再編の円滑化等、⑤「第4次産業革命人材育成推

進会議」における人材育成・教育関連施策等の具体化、⑥中堅・中小企業への第4次産業革命の波及などをあげている。

製造システム革新のための政策といえる科学技術イノベーション総合戦略²⁰⁾は安倍政権が推進している重要な成長戦略として、2014年から毎年「総合科学技術イノベーション会議」で発表している。主な内容としては、政府レベルのIoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどを活用した新たな製造システムの構築である。すなわち、製品の企画段階から維持・補修までの一連の過程をICTの利用で連結し、資源の調達および在庫管理、そしてユーザ情報管理まですべてのデータをネットワークプラットフォームとして構築する。

ロボット強国としての優位を生かすロボット新戦略²¹⁾は、ロボット強国としての競争優位を持続し、IoT技術との連携をつうじて社会問題を解決する方策として、ロボット活用戦略を構築している。ロボット革命実現のための戦略で、具体的なアクションプランは次のようである。第1に、日本をロボットイノベーションの拠点とするロボット総出力の強化、第2に、世界1位のロボット活用社会具現のため日本全域にロボットを設置し、日常的に活用するロボットの活用・普及、第3に、ロボット間に連結されたデータを自律的に蓄積・活用できるようにするビジネス推進のための規則、または国際標準の獲得、第4に、多様な分野で発展を指向する世界を目標としたロボット革命の展開・発展などをあげている。

IV. 第4次産業革命における 未来の教育システムの変革 —エドテックの現状と可能性—

第4次産業革命時代は知能情報化社会ともいえる。デジタルスマート教育により教師は多様な試みが可能になり、既存の教育方法を越えた多様な教授法の活用も可能になった。とくに、第4次産業革命時代における脳科学の発展は教授方法のみなら

ず、教育の概念すら変化させるようになりつつある。

1. エドテック —新しい教育システムの登場—

世界各国は教育を改革しようとしている。これは、第4次産業革命時代に必要とする人材と技術が今までとは異なることから、先端ICT技術により教育を大きく革新すべきであるという考えからである。過去のeラーニングがオンラインをつうじて多くの人に教育の新しい方式を提供し、効率を追求してきたが、エドテック(edutech)は教育効果に焦点を当てている。すなわち、教育対象の学習効果と進行過程、新しい学習方式などがデータを基盤に分析し、1対1教育と同じように完全教育を追求することがeラーニングを越える新しい領域といえる。モバイル機器とクラウド、SNS、ビッグデータ分析、人工知能などの新しい技術の流れは教育方式にも大きな変化をもたらした。

また、既存の教育システムの効果性の低下、伝統的な教育機関の競争力の弱体化、デジタル技術の変転による技術適用の利便性、教育内容および教育方法に対する学習者需要の適合型プログラムに対するニーズなどはエドテックを一層加速化させる要因となっている。すなわち、エドテックは伝統的教育方式に新しい代案を提示するために登場し、実際にイギリス、アメリカを中心に急速にグローバルスタンダードとして定着しつつある。

第4次産業革命時代には、人間の知識労働領域の大部分は人工知能に代替されると展望している。記憶からの自由、暗記力ではなく創意力を養う創意的教育システムが求められている。

1) エドテックの動向²²⁾

米ラスベガスで開催された世界最大の家電展示会である「CES2016」^{注13)}で、「2016年をリードする未来技術12選」にドローン、知能型自動車(Intelligent automobile)、IoT、共有経済(sharing economy)、

ピンテックなどと一緒に「エドテック(edutech)」が選定された。

イギリスは世界のエドテック産業をリードしている。イギリスのエドテック産業の市場規模は175億ポンドで、イギリス政府はこれを2020年まで300億ポンド規模までに育てる計画である^{注14}。そして、ロンドンだけでも約200社のエドテック企業が存在し、イギリス全体では約1,000社が存在するほど活性化されている。これには、イギリス人の高い教育熱と教育関連技術に対する投資性向によるもので、今後のエドテック産業を一層発展させるようになる。イギリス政府は、エドテック市場が、2020年には今の2倍規模まで成長すると予測している。

イギリス政府がエドテック産業を育成する背景に、ICT産業の成功がある。2010年イギリスはICTを強化するため、スラム街地域をICTスタートアップ中心の地域に変貌させたが、この地域を「テックシティ(Tech city UK)」^{注15}と呼ぶ。イギリス政府はこの地域に資本金の限度、設立・廃業基準を自由化する破格的な支援政策でスタートアップ企業を育成している。

そして、イギリス政府はエドテック企業を積極的に支援し、「エドテックUK」の新設、エドテック産業全般に対する支援、管理、調整、育成などの役割を担っている。また、オックスフォード大学、ケンブリッジ大学、ロンドンカレッジなどの世界的名門の教育機関を保有している点もイギリス政府がエドテックを支援する理由の1つである。

2) エドテックの意義

エドテックの意義としては、第1に、多くの国が抱えている教育・訓練された教師の不足、インフラ施設に対する乏しいアプローチのような根本的な問題を解決できる創意的方策の導出、第2に、より安いコストでより多くの学習者に教育の機会を提供でき、同じコストでより良いレベルの教授内容の提供、第3に、地域市場で成功できる有望モデルを発掘し、長期的で持続的に適用できうる優秀事例を伝

播する活動をより容易に実行、第4に、技術を活用し、より幅広いデータを大量に、迅速に確保することで、学習者がリアルタイムで何をどのように学習するかに関するインサイトを確保、第5に、試験、採点のような業務から教師を解放させることで、教師の力量と人性開発のための多様な教授法を適用できるようにすることで、教師の生産性を向上などがあげられる。

3) エドテックがもたらす教育革命

技術と教育の結合は今日の教育をどのように変えるのか。今後10～15年後の未来技術の発展と教育の変化を予測してみると、次のようなことがいえる。すなわち、エドテックがもたらした教育革命²³⁾として、まず第1に、教師が人工知能ロボットに交代される。人工知能と脳科学、そしてロボット技術は急速に成長する分野である。2016年、Googleの「AlphaGo」^{注16}の衝撃は、第4次産業革命について知識のない一般人でもこれから人工知能の時代が始まることを実感した出来事であった。そして、実際の売り場に登場したソフトバンクのロボット「Pepper(ペッパー)」^{注17}やアメリカFellow Robots社の「NAVii(ナビー)」^{注18}は過去、映画の中で登場した技術が現実化されていることを示唆している。このような技術と教育が結合し、人工知能ロボット教師が登場するのもそう遠くないと思われる。

第2に、現実よりリアルティあるバーチャルリアリティ教室が登場する。IT技術の発展は3D映像、VR、AR、先端音響、動作認識技術などを教室にもたらす。今までの言葉と文字中心の教室から視覚、聴覚、触覚などの活用が可能になる教室に変化する。

第3に、学生が教師になり、教師が、学生になる世の中が到来する。SNSの発展は誰でも動画や写真、文書をコンテンツとしてオンラインにアップロードし、また、SNSに接続し、知りたいことを学ぶことも可能である。このような技術と社会的トレンドの発展は教師と学生の障壁を崩し、学習広場、または

学習共同体がネットワーク上で形成されるようになっていく。

第4に、伝統的な概念の学校は消滅する。韓国の事例であるが、2030年までに今の半数ほどの大学がなくなると予測されている^{注19}。これはMOOCとフリップトラニングの登場、新しい代案学校 (Alternative School)²⁴⁾ の出現、そして大学競争力の持続的な弱化はこのような没落を加速化させる可能性も大きい。もちろん、大学や学校そのものがすべてなくなるわけではない。しかしながら、今のような講義中心の伝統的な大学や学校は消えてなくなり、残った学校は新しい役割と姿として変貌していく。

第5に、暗記科目中心の教育課程ではなく、新しい教育課程が登場する。一部の研究者は2020年代に完璧な言語翻訳機が登場すると予測している^{注20}。これが現実化されると外国語教育の必要性はなくなる可能性も高い。学習者は創造力、コラボレーション能力、科学・技術、文化・芸術など人工知能時代を生きていくための新しい教育課程を望むようになる。

第6に、ゲームと教育をリンクさせた教育が活性化される。すなわち、ゲームと教育の結合は連続的に、その範囲が拡大されるようになる。

エドテックの3つの方法としては、第1に、教育の大衆化である。第2に、教育効果の極大化である。そして第3に、教育と実生活の結合である。ここで第1の教育の大衆化の方法としてはムークをあげることができる。

2. MOOC

1) MOOCの概念

エドテックの方向性の1つとして、良質の教育をより多くの人を受けられること、すなわち、教育の大衆化といえる。このようなエドテックの方向性に最も適合するのが、「MOOC (Massive Open Online Course; 大規模公開オンライン講座)」²⁵⁾ である。

MOOCの形式を一般に初めて紹介されたのは、SiemensとDownesが2008年に開設した「Connectivism and Connective Knowledge」という講座である。また、MOOCという用語はUniversity of Prince Edward Island^{注21}のWeb Communication and Innovationsの担当者であったDave Cormierにより初めて用いられた。しかし、ムークサービスの導入は、2012年スタンフォード大学教授であったSebastian Thrunによる「Udacity (ユダシティ)」^{注22}というプラットフォームが初めてである。これにより主要先進国を中心にIT技術と大学講義のコンテンツを融合したムークサービスが急速に拡大された。MOOCは、受講人数の制限がなく (Massive)、だれでも受講が可能で (Open)、ウェブベースで (Online)、事前に定義された学習目標のために構成された講座 (Course) のことを意味する。また、MOOCは既存の大学講義と比べ、開放性が高く、受講人数の制限がないという点で大きく異なる。

MOOCの特徴としては次のとおりである。まず第1に、時空を越えたオンライン (Online) で行われ、第2に、すべての講座が誰にでも無料 (free) で提供される開放性 (Openness) である。第3に、大規模な (Massive) 大衆を対象に実施し、このような大規模性は生涯教育の哲学を実現できる。第4に、世界有名大学の教授が提供する講義で、講座 (Course) が構成されていることなどが、主な特徴としてあげられる。また、山田²⁶⁾ はMOOC固有の特徴として、コースとしての質の保証、ビッグデータと学習解析の活用、持続可能性への配慮、そしてブランド性をあげている。

2) MOOCの理論的背景

MOOCの理論的背景としては、まず第1に、構成主義 (Constructivism) があげられる。構成主義とはさまざまな領域や学問分野、すなわち政治学、社会学、心理学、芸術、そして数学などにまで使われる理論である。教育における構成主義²⁷⁾ とは、人

間の知識は、すべて構成されるものであるとする考えで、学習者の学習への参加を、学習者自ら、または社会的支持と助けをつうじた積極的な参加を強調する理論である。この理論は、授業における教師中心から学習者中心へ、教えから学びへの転換を方向づけたものである。いいかえれば、既存の学習が教師中心の学校という枠の中で行われたといえ、今日の学習者は、自らに必要な知識が何かを認知した後、自発的に知識を構成するために多様な情報を探す活動をオン・オフラインで実施する。このようなプロセスの中で、専門家、または同じ学習者との多様な活動を実施するようになる。

このような構成主義理論に基づき、MOOCを探ってみると次のようなことがいえる。①オンラインをベースに行われるMOOCは該当機関をつうじて世界名門大学のレベルの高い講義を無料で受講できるが、この受講者は自らが持っている問題点を解決するために自ら講義を選択し、受講する学習者である。このような部分が既存の教授－学習体系とは異なるMOOCの特徴といえる。

②学習者は自ら知識を構成する過程で、認知的限界に直面するが、このような部分は同じ学習者と専門家をつうじて解決できる。MOOCの場合、オンライン講義のみならず、講義と関連したコミュニティを開設し、講義中に提示された問題を協同で解決したり、自らの問題点をほかの学習者と共有し、問題を解決するプロセスを持てるようにサイ

バー空間を提供している。このようなプロセスをつうじて、個人の知識を構成することが可能になる。

第2に、結合主義 (Connectionism) があげられる。この結合主義理論はネットワーク社会で新たな学習形態を概念化する学習理論として定立された。2005年以降、SiemensとDownesは相互作用、共有、共同討論および思考を考慮した類似関心領域グループとして定義されるネットワークおよびコミュニティを基盤に、持続的に情報が変化し、新しくなるデジタル環境と関連された学習理論として結合理論を語った。Siemensは次のように提示した。すなわち、テクノロジーと結合づくりを学習に含めることは、学習理論がデジタル時代に移動したことである。学習と知識は多様な意見を土台にする。持続的な学習を促進するためには結合を養い、維持することが必要である。意思決定は、それ自体が学習過程である。結合主義のコア原則は知識の再創出、講義と外部資料の再構成、集団化、そして多様な交点との結合などである。

3) MOOCの形態

MOOCは大きく2つの形態に分けることができる(表8)。まず第1に、「cMOOC (connectivist MOOC)」である。これは2008年に開設された「Connectivism and Connective Knowledge」から始まり、学習者間の結合性とネットワークを重要視する結合主義に理論的背景をおき、発見、結合、そ

表8 cMOOCとXMOOCの比較

区 分	cMOOC	xMOOC
目 的	学習者間の連結・協力を促すこと 将来的な協力、ニッチなコミュニティを生み出すこと	大規模な受講者に効率的に教育を提供すること エリート大学の教育を全世界に提供すること
教育理論	Connectivism (学習者間の協力による学習)	Instructionism (知識移転)
教師の役割	共同学習者(他の学習者と共に、コンテンツの制作、目的の明確化、新しい地の創出を図る)	教育の提供
学習者の役割	MOOCの共同制作者	知の受け手
新しい知の生み出され方	学習者の共同の学習活をつうじて生み出される	教師から提供される

出所：船守美穂、「デジタル化時代の学びの社会性を考える－cMOOCからラーニング・ハブまで－」, p.6 (2014)。

して共同の想像のためのソフトウェアツールがcMOOCの基本要素である。cMOOCは、学習者達が、一緒に作り出すコンテンツが重点内容で、定められた知識を伝達するのではなく、互いのネットワークと討論、対話などをつうじて知識を形成していくとみている。

第2に、「xMOOC (eXtended MOOC)」である。これは2011年からStanford、Harvard、MITなどの名門大学で、無料で提供した講座をその始まりとしている。xMOOCは行動主義的アプローチ (Behaviourist approach) に基づき、短いビデオ講義と学習に対する学習者の理解度を点検するクイズなど、講師が、提供するコンテンツが重点内容である。xMOOCは質の高い学習に対し、全世界からアクセスする機会を与えることに意義をおき、営利目的と非営利目的のプラットフォームに分類される。また、これは特定のプラットフォームで提供され、FacebookやTwitterのような空間で交流することも可能であるが、ほとんどの相互作用はプラットフォームのオンライン掲示板で行われる。

4) MOOCの事例

MOOCは2000年代半ばに登場した「OER (Open Educational Resource; 公開教材)」^{注23}から由来する。これは講義、受講、評価、そして研究などに有用な文書とメディアなどの資料をインターネットに公開し、誰でも自由に利用することを目標とする。また、当時MITなど一部の大学はオンラインをつうじた公開講義 (OCW; Open Course Ware) を提供した。

以降、2006年Salman Khanより設立された「Khan Academy」^{注24}は全世界のどこでも、誰でも最高水準の無料教育を提供するという目標の下で、多様な無料動画講義をYouTubeで公開した。この試みは多くの反響をよび、2010年には毎月1千万名以上のユーザが講義を視聴した。また、2011年の秋、スタンフォード大学のSebastian Thrun教授とPeter Norvig教授は「Introduction

to AI」などの講義を開講し、オンラインをつうじて無料で公開し、全世界から16万人以上が受講する記録をなし遂げた。

これに刺激を受けたSebastian Thrun教授は2012年MOOC専門企業である「Udacity」を設立し、その後、「edX」と「Coursera」などが登場し、オンライン教育市場をリードし始めた。現在、代表的なMOOC²⁸⁾としてはCoursera、Udacity、edX、MITCOW、Khan Academyなどをあげることができる。

・**Coursera** Coursera (コーセラ)^{注25}は、スタンフォード大学のコンピュータ工学教授であるAndrew NgとDaphne Kollerが2012年4月に設立したMOOCである。Courseraの設立目的は最高の大学で、最高の教授の講義をより多くの人に提供することで、良質な教育の機会を便利に提供することである。これにより無料ですべての講義が学習者に提供されるが、収益を創出する営利機関であることで、手数料をつうじた認証書事業と外部機関との協力により運営をしている。2017年現在、世界約140大学および教育機関とパートナーシップを締結し、物理学、工学、人文学、社会科学、経営学など多様な専攻領域に対する1,600の講座を190カ国の人々に提供している^{注26}。

・**Udacity** Udacity (ユダシティ)^{注27}とは、高等教育を革新しようとするスタンフォード大学のSebastian Thrun教授が設立した教育サービスである。Sebastian Thrun教授は、「Introduction to AI」などの講義をより多くの人に提供したいという考えから始まったインターネット講座が現在のMOOCの始まりである。彼は2011年4月、スタンフォード大学を辞め、Googleに転職した。同時に、Udacityを創業し、2012年2月にUdacityは公式的に出帆した。UdacityはCourseraとは異なり、コンピュータ工学関連講座を集中的に提供し、現在はProfessional CS engineerのための実践コーディング教育を主に提供している。現在、世界160カ国で約200万人の

受講生が利用し、7つの言語で講義を提供している。

・edX edX (エデックス)^{注28}は、2012年2月からハーバード大学とMITが共同で修了証を交付する教育サービスで、2012年7月からはUCバークレーが参加している。このedXは社会的価値実現に焦点をおき、non-profit支配構造で始まった。この事業のために2つの大学は各々3千万ドルを投資し、インターネットプラットフォームをつくり、これをつうじて数学、自然科学はもちろん、人文学、社会科学領域の講座を開設・公開している。現在、世界70の有名大学および研究組織と連携し、約700の講義を提供しているが、ほとんどの講義を英語で提供している。

3. フリップトラニング (Flipped Learning、反転授業)

1) フリップトラニングの登場と概念

フリップトラニングは、米コロラド州ウッドランド・パーク高校 (Woodland Park High School) の物理の教師であるJonathan BergmannとAaron Samsが2007年、PowerPointスライドショーを音声

と注釈とともに録画し、オンラインで簡単に配布可能なビデオファイルに変換できるソフトウェアを見つけたことで始まった^{注29}。2人の教師は「生徒と1対1の授業を進行するときに最も良い方法は何か」と考え、授業のために教室に集まることは参加者の時間と空間的効率性を考慮したときにきわめて重要なことなのに、この時間を教師の一方向的講義だけで終わるのは浪費であると思った。

そこで、従来とは異なる、新しい方式で授業を進めて行った。すなわち、オフラインの教室授業は実習中心の授業として設計し、講義中心の授業はデジタル技術を活用し、事前にオンラインで進行できるように調整した。いいかえれば、オンライン理論学習とオフライン実践学習で構成されたフリップトラニングがスタートした瞬間である。

Flipとは「ひっくり返す」という意味で、フリップトラニング^{注30}とは既存の教育方式をひっくり返す教育という意味である。伝統的教育が教室で講義を聴いて、家で宿題をする実践教育であり、フリップトラニングは家でオンラインをつうじて事前に講義を聴き、教室では同級生と教師と実践教育を進行することを意味する。いいかえれば、フリップトラニングとはブレンドラーニング^{注31}の1つで、事前

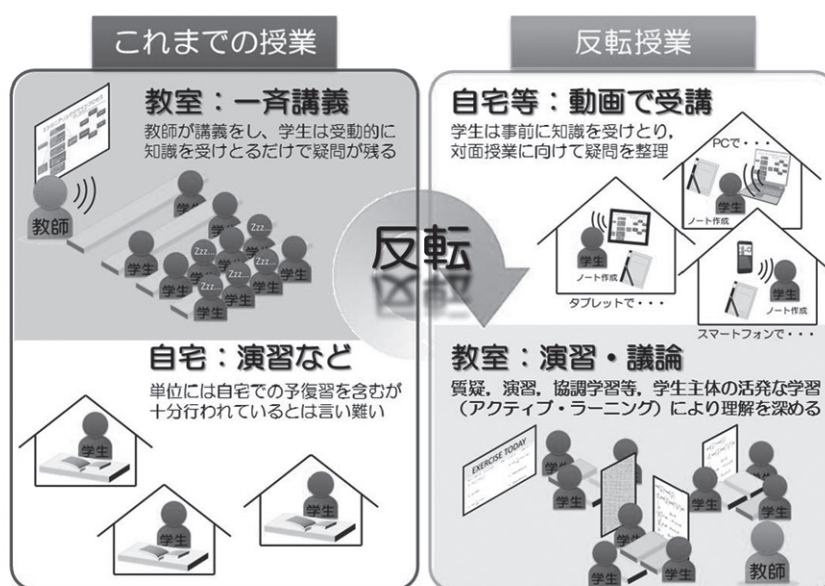


図2. フリップトラニングの概念

出所：森澤正之、「大学教育における反転授業とアクティブラーニングの組み合わせの効果」, p.5.

学習として自宅などでeラーニングやビデオ教材などを使用して学習を行い、教室での対面の授業では講義は行わずに、ディスカッションや生徒それぞれに合わせた個別フォローや弱点を補完する授業形式のことである(図2)。

2) フリップトラニングの2つの類型

フリップトラニングは「完全習得学習型(Mastery Learning Type)」と「高次能力育成型(Higher - Order Capacity Building Type)」の2つの類型²⁹⁾に分けることができる。完全習得学習型は、全員が一定以上の理解を得ることを目指す教育で、比較的システム化しやすく、普及が進んでいる。そして、学習の個別化や高次能力育成学習への前段階ともいえる。これは、サンノゼ州立大学の事例が有名である。一方、高次能力育成型は従来よりも高度なレベルの能力育成を目指す教育で、アクティブラーニングの実践により高次思考課題に取り組むことが可能である。これは、スタンフォード大学医学部の事例が有名である。

3) フリップトラニングの意義

フリップトラニングのメリット³⁰⁾については、学生側と教師側に分けて述べるができる。まず学生側のメリットとしては、第1に、動画を使って自分のペースで繰り返し学習できる点、第2に、確実に予習した上で、授業中のアクティブラーニング活動に参加するため、効果的に学習ができる点、第3に、多くの演習問題・実例・意見などに触れることができる点、第4に、学習目標の達成度を向上できるなどのメリットがあげられる。

次に、教師側のメリットとしては、第1に、アクティブラーニングを授業に導入する時間を作れる点、第2に、学生からの質問が増えるなど、授業を活性化することができる点、第3に、教育目標の達成度を向上でき、単位の実質化が図れる点などのメリットがあげられる。

フリップトラニングを勧める理由³¹⁾としては、

フリップトラニングは①現代の生徒の言葉で語る点、②多忙な生徒を助ける点、③つまづいている生徒を助ける点、④さまざまな学力の生徒の能力を伸ばす点、⑤生徒が教師を一時停止、巻き戻しできる点、⑥生徒と教師のインタラクションを増やす点、⑦生徒に対する理解を深める点、⑧生徒同士のインタラクションを増やす点、⑨真の個別化をもたらす点、⑩教室運営のあり方を変える点、⑪教師から保護者への話を変える点、⑫保護者の勉強にもなる点、⑬教室の透明度を高める点、⑭教師が欠勤する際の優れた対策になる点、⑮反転型完全習得モデルにつながる点などをあげることができる。

V. むすびにかえて

機械が人々の雇用を順次に奪っていくと、2050年頃になると、全人口の1割しか働けない世界になるかもしれない³²⁾。WEFによると、第4次産業革命により産業構造が全般的に変化することで、既存の職業の性格が変化したり、単純労働職の雇用の減少は避けられなく、新産業で、新しい雇用創出が行われると予想されている。とくに、事務および行政分野の仕事は2015年から2020年にかけて全世界的に476万名が減り、その他に減少する分野としては製造業(161万名減少)、建設および採掘(50万名減少)、芸術、デザイン、エンタテインメント、スポーツ、メディア分野(15万名減少)、法律(11万名減少)、設置および維持・補修(4万名減少)などをあげている。

反面、2015年から2020年にかけて雇用が増える分野としては、ビジネスおよび金融(49万名増加)、マネジメント(42万名増加)、コンピュータおよび数学(40万名増加)、建築およびエンジニアリング(34万名増加)、販売および流通(30万名増加)、教育および訓練(6.6万名増加)などをあげている(図3)。

未来学者Alvin Toffler(1928~2016)³³⁾が2008年に韓国を訪問し、韓国の教育現況を分析し、「韓

国の学生達は、1日15時間も学校と塾で未来には必要もない知識と、存在しない仕事のために時間を浪費している」といい、「学校はこれ以上教育工場になってはいけない。韓国の子供達が、未来を準備するためには、大量生産体制のために考案された韓国の大量教育システムの全面的な変化が必要である」と強調した。このTofflerの指摘は日本の教育システムにもそのまま当てはまると思う。そう遠くない未来に伝統的に行ってきた職業の50%が消え去り、60%は今の世代が考えたこともない分野の仕事がつくられるのなら、今の学校の試験成績は子供達の未来に何の意味があるのか。まだチャンスはある。真剣に悩み、答えを出す時期に来ている。

最後に、本稿に残されている課題としては、第1に、第4次産業革命と関連し、Basic Income（基礎所得）の導入の構想、第2に、ムークの課題ともいえる講義内容の均一化、すなわち、多様化の損失問題などをあげることができる。これらについては次稿の課題として残しておきたい。

謝辞

本稿は平成29（2017）年度松本大学学術研究費（萌芽研究）の助成を受けて遂行した研究成果の一部を取りまとめたものである。ここに記し、感謝の意を表す。

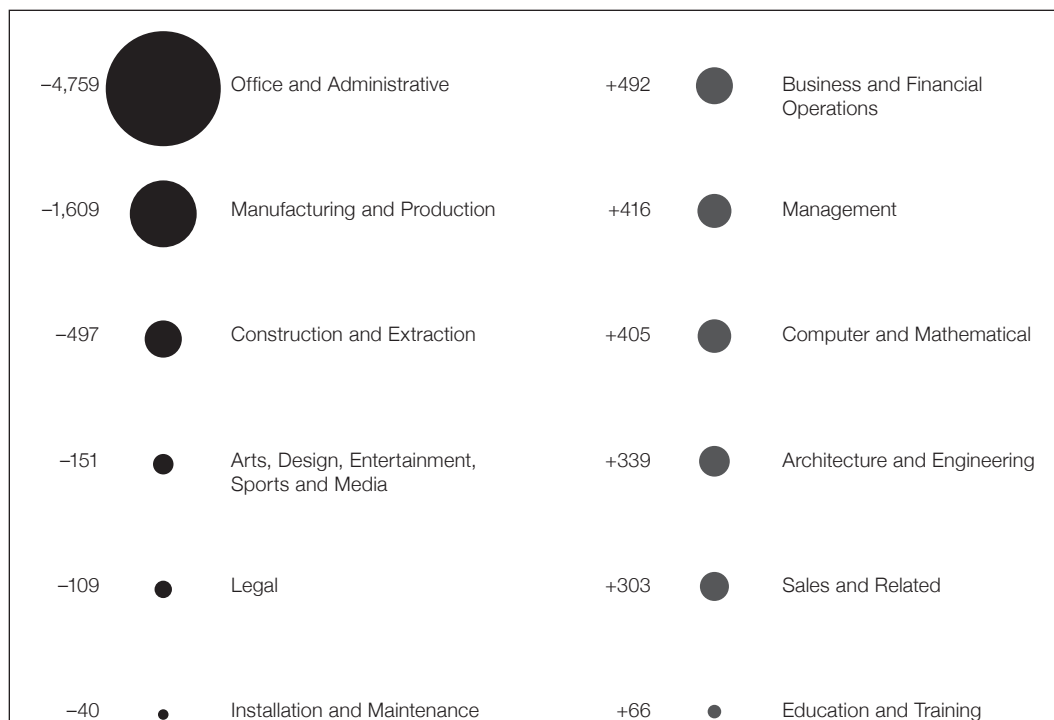


図3. 雇用展望 (2015-2020)

出所：The Future of Jobs, WEF, p.15(2016).

注：単位は千名

注

- 注1 2016年に続き、2017年のダボスフォーラムでも第4次産業革命に関する論議が持続的に行われ、第4次産業革命の本格化を強調している。すなわち、2017年ダボスフォーラムのコア議題としては「疎通と責任のリーダーシップ」で、第4次産業革命による変化に対応するためのリーダーの役割、第4次産業革命のための準備などに関する議論が進行された。
- 注2 産業革命はイギリス近代経済史の基本概念として確立された用語である（A. Toynbee, *Lectures on the Industrial Revolution of the 18th Century in England*, London, 1884）。
- 注3 「産業革命」という用語が初めて使用されたのは1837年にフランスの経済学者ジェローム＝アドルフ・ブランキ（J. A. Blanqui）による。彼は18世紀末のイギリスで現れた一連の発明がもつ広範囲な社会的合意を産業革命として認識した。
- 注4 「第2次産業革命」という用語はイギリスの生物学者で、社会学者であるPatrick Geddesの『*CITIES IN EVOLUTION*』（1915）で初めて用いられた。
- 注5 第4次産業革命の主な領域がコンピュータ技術とインターネット環境による点では、これを第3次産業革命と分離して別途に論ずることについては論争の余地がある。
- 注6 ドイツは日本と一緒に世界最高水準の超高齢化社会である。65歳以上の高齢者比率が2015年基準21%としてEU全体平均を超え、これはイギリス17.7%、フランス18.4%よりも高い値である。
- 注7 R.G. Lipsey etc., *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth* (Oxford University Press, 2005)では、応用の多様性や波及効果などの視点から24の汎用技術を掲げ、その性質に応じて「プロダクト」「プロセス」「組織」の3つに分類している。
- 注8 この用語は1956年夏、アメリカDartmouth Collegeで開催されたワークショップで、人間のように考える機械を初めて「人工知能」と呼んだ。
- 注9 マシンラーニングは人工知能の発展と商業的応用の基本で、既存のデータセットの規則とプロセスを分析し、未来のデータを予測する統計的プロセスである。
- 注10 ディープラーニングとは、頭脳の構造を活用した人工神経網技術として、新しいマシンラーニングの1つの方法である。すなわち、ここはデータに基づき、コンピュータが自ら特徴をつくり、これを基盤に分類できる技術である。
- 注11 *The First Industrial Robot* (1054-1961), <https://ameblo.jp/syoizutu/entry-10039669811.html>: 産業用ロボットの歴

史、<http://www.historyofinformation.com/expanded.php?id=4071>（閲覧日2017.08.29）。

- 注12 中国の10大育成産業としては、次世代ICT産業、高級CNCおよびロボット産業、宇宙航空装備、海洋エンジニアリング装備および高級技術船舶、先進鉄道交通装備、環境に優しい新エネルギー自動車、電力装備、農業機械装備、新素材、そしてバイオ医療および高性能医療機械などである。
- 注13 <http://www.watch.impress.co.jp/headline/extra/2016/ces/>; <http://ascii.jp/elem/000/001/100/1100445/>（閲覧日2017.09.01）。
- 注14 世界エドテック市場は2015年に450億ポンドで、2020年には1,290億ポンド規模へ成長すると展望している（LONDON & PARTNERS, EdtechUK, MAJOR OF LONDON, EDTECH: LONDON CAPITAL FOR LEARNING TECHNOLOGY）。
- 注15 <http://www.techcityuk.com/>
- 注16 アルファゴは、米IT企業Google傘下の英Google DeepMind社が開発したコンピュータ囲碁プログラムのことである。2015年10月に、プロ囲碁棋士をハンディキャップなしで破った初のコンピュータ囲碁プログラムとなった。2016年3月15日、韓国棋院は、李世石（イセドル）9段との5番勝負で3勝（最終的に4勝1敗）をあげたAlphaGoにプロとしての名誉九段を授与した（囲碁AIに「名誉九段」授与、韓国棋院、朝鮮日報（2016年3月15日朝刊））。
- 注17 <https://www.softbank.jp/robot/consumer/products/>（閲覧日2017.09.02）。
- 注18 <http://www.fellowrobots.com/>
- 注19 <https://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=138445>（閲覧日2017.09.02）。
- 注20 https://www3.nhk.or.jp/news/business_tokushu/2016_0927.html; https://www.recruit-lifestyle.co.jp/lifeshift/ls20228_20160831; https://japan.cnet.com/blog/natsuhiko_tsuchiya/2017/02/12/entry_30022852/（閲覧日2017.09.02）。
- 注21 <http://www.upei.ca/>
- 注22 <https://www.udacity.com/>
- 注23 OERとは、教育目的のために他人による自由な再利用、改善および用途変更が可能な開放型ライセンスのような手段を使用する教授・学習・研究資料を意味する。このOERの焦点は他人の原著物を確保し、これを変形し新しい学習資源として生産するために再目的化する可能性がある。すなわち、ここでオープンとはアクセスおよび変形（change）の自由を意味する
- <https://www.edutopia.org/open-educational-resources-guide>（閲覧日2017.09.02）。
- 注24 <https://www.khanacademy.org/>
- 注25 <https://www.coursera.org/>
- 注26 <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=ringleedu&logNo=220927878620>（閲覧日2017.08.29）。

- 注27 Udacityはuniversityとaudacity(野望、大胆、ずうずうしさ)の合成語である。
- 注28 <https://www.edx.org/>
- 注29 <http://blogs.3ds.com/japan/flipside/> (閲覧日2017.09.02)。
- 注30 Flipped classroomともいう。これは講義中心から実践中心にひっくり返された教室授業を強調する用語である。
- 注31 様々な研修形式を混ぜ合わせて行う研修、学習の方法のことをブレンディッドラーニング(Blended Learning)という。

文献

- 1) Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, p.6(2016).
- 2) 竹中平蔵,『第4次産業革命!日本経済をこう変える』株式会社PHP研究所, p.55(2017).
- 3) Jong-Hyun Kim, A New Look on the British Industrial Revolution, SNS Press, pp.3-4(2007).
- 4) 宋スンス,「歴史で学ぶ産業革命論:第4次産業革命と関連して」『STEPI Insight』VOL.207, pp.11-23(2017).
- 5) 岩本晃一,「インダストリー4.0—ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト—」, 日刊工業新聞社, 2015.
- 尾木蔵人,「決定版インダストリー4.0—第四次産業革命の全貌—」, 東洋経済新報社, 2015.
- 6) 「第4次産業革命に対応する投資誘致戦略樹立に関する研究」kotra, p.11(2017).
- 7) Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact, WEF, p.7(2015).
- 8) 樋口晋也他,『決定版AI人工知能』東洋経済新報社, p.547(2017).
- 9) 樋口晋也他,『決定版AI人工知能』東洋経済新報社, p.54(2017).
- 10) 松尾豊,『人工知能は人間を超えるか—ディープラーニングの先にあるもの—』KADOKAWA, pp.50-53(2015).
- 11) 崔ケヨン,「第4次産業革命の経済作動メカニズム」KISDI, p.13(2017).
- 12) 松井俊浩,「IoTのセキュリティの特性と人材育成」p.2.
- 13) 日韓IT経営協会,『IoTで変わるのは製造業だけじゃない—農業・医療・金融・サービス・教育分野で産まれる新ビジネス—』日刊工業新聞社, p.14(2017).
- 14) 泉谷渉,『日・米・中IoT最終戦争』東洋経済新報社, pp.22-27(2017).
- 15) 大野治,『IoTで激変する日本型製造業ビジネスモデル』日刊工業新聞社, pp.30-37(2016).
- 16) 成者政,「ビッグデータ(Big Data)の利活用による戦略的企業経営管理—その概念,現状,そして活用の経済的分析—」『松本大学研究紀要』第13号, pp.51-72(2015).
- 17) 朴ガング他,『第4次産業革命, 新しい製造業の時代』ホイテブック, pp.97-98(2017).
- 18) 岩本晃一,「インダストリー4.0—ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト—」, 日刊工業新聞社, pp.27-35(2015).
- 19) 「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」pp.6-7(2016).
- 20) 「科学技術イノベーション総合戦略2017」閣議決定, (2017).
- 21) 「ロボット新戦略—ビジョン・戦略・アクションプラン—」, ロボット革命実現会議 (2015).
- 22) ホンズンミン,『第4次産業革命時代の未来教育—エドテック—』チェックバブ, pp.31-33(2017).
- 23) ホンズンミン,『第4次産業革命時代の未来教育—エドテック—』チェックバブ, pp.36-39(2017).
- 24) 橋元慶男,「韓国の代案教育の歩みと今後の課題—日本の代案教育との交流を通して—」『岐阜聖徳学園大学紀要』, pp.71-81(2012).
- 25) 山田恒夫,「MOOCとは何か—ポストMOOCを見据えた次世代プラットフォームの課題—」『情報管理』vol.57no.6, pp.367-375(2014).
- 26) 山田恒夫,「MOOCとは何か—ポストMOOCを見据えた次世代プラットフォームの課題—」『情報管理』vol.57no.6, pp.368-369(2014).
- 27) 中村恵子,「教育における構成主義」『現代社会文化研究』No21, pp.283-297(2001).
- 28) 「MOOC等を活用した教育改善に関する調査研究」大学ICT推進協議会, pp.1-118(2015).
- 29) 塙雅典,「反転授業について—山梨大学の取り組みを中心に—」, p.7(2014).
- 30) 塙雅典,「反転授業について—山梨大学の取り組みを中心に—」, p.11(2014).
- 31) ジョナサン バークマン・アーロン サムズ,『反転授業』Odyssey, pp.48-75(2014).
- 32) 井上智洋,「人工知能と経済の未来—2030年雇用大崩壊—」, 文芸春秋, p.166(2016).
- 33) 国際未来学会・韓国教育學術情報院,『第4次産業革命時代—韓国未来教育報告書—』光文閣, p.5(2017).
- 34) Robert C. Allen, THE INDUSTRIAL REVOLUTION, A Very Short Introduction, OXFORD UNIVERSITY PRESS(2017).
- 35) LONDON & PARTNERS, EdtechUK, MAJOR OF LONDON, EDTECH: LONDON CAPITAL FOR LEARNING TECHNOLOGY (http://www.ednfoundation.org/wp-content/uploads/EdtechUK_LP_report.pdf (閲覧日2017.09.01)).